

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-331850

(43)Date of publication of application : 02.12.1994

(51)Int.Cl.

G02B 6/28

G02B 5/18

(21)Application number : 05-122514

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 25.05.1993

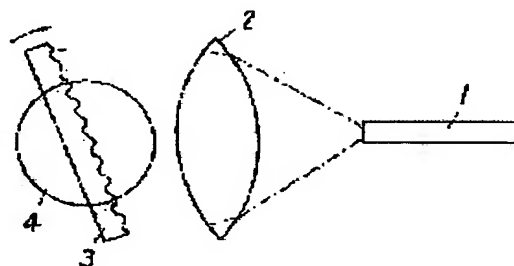
(72)Inventor : IIDA MASANORI

(54) OPTICAL FILTER AND DIFFRACTION ELEMENT USED THEREFOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To suppress the selected center wavelength shift of a filter itself due to the variance of the ambient temperature with respect to the filter using a diffraction grating.

CONSTITUTION: A diffraction grating 3 is rotated in the direction of an arrow in accordance with the rise of the ambient temperature by a temperature compensating mechanism part 4 arranged in the diffraction grating 3. When the temperature rises by δT , the angle of rotation of the temperature compensating mechanism part 4 is changed by $\delta\theta$ to cancel the shift of the selected center wavelength to the longer wavelength side due to the rise of the temperature, and the angle of incidence from an input/output fiber 1 to the diffraction grating 3 through a lens 2 is reduced, and the selected center wavelength of light which is subjected to wavelength dispersion and is coupled to the input/output fiber 1 through the lens 2 again is λ_0 independently of the rise of the temperature.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.01.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

10.09.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) JAPAN PATENT OFFICE

(12) PUBLICATION OF LAID-OPEN PATENT APPLICATION (A)

(11) PUBLICATION NUMBER: 6-331850

(43) DATE OF PUBLICATION OF APPLICATION: December 2, 1994

5 (51) Int. Cl.⁵ : G 02 B 6/28

5/18

Examination is not requested.

The number of claims: 16 OL (7 pages)

(21) APPLICATION NUMBER: 5-122514

10 (22) DATE OF FILING: May 25, 1993

(71) APPLICANT: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) INVENTOR: IIDA, MASANORI

(54) [TITLE OF INVENTION]: OPTICAL FILTER AND DIFFRACTIVE OPTICAL ELEMENT USED
THEREOF

15

SPECIFICATIONS

[CLAIMS]

1. An optical filter composed of a diffraction grating, a lens, an input fiberglass, and a detection fiberglass, operating such that a light from the input fiberglass is dispersed wavelength by the diffraction grating through the lens, and a light having given wavelength range connects to the detection fiberglass through the lens, wherein a mechanism for changing rotational angle in response to change in temperature is attached to the diffraction grating so that when ambient temperature rises, the diffraction grating rotates in a direction where the incident angle of the input light becomes small.

2. The optical filter according to claim 1, wherein the diffraction grating is a Fourier-type diffraction grating.

3. An optical filter composed of a diffraction grating and a light input/output portion that is composed of a lens, an input fiberglass, and a detection fiberglass, operating such that a light from the input fiberglass is incident to the diffraction grating at a given angle through the lens, dispersed wavelength by the diffraction grating, and a light having given wavelength range connects to the detection fiberglass through the lens, wherein a mechanism for changing incident angle to the diffraction grating in response to change in temperature is attached to the light input/output portion so that when ambient temperature rises, the light input/output portion is moved in a direction where the incident angle to the diffraction grating becomes small.

4. The optical filter according to claim 3, wherein the diffraction grating is a Fourier-type diffraction grating.

5. The optical filter according to claim 1, wherein as the mechanism for changing rotational angle, at least two or more holders made of the same material having different length for holding the diffraction grating are arranged on a surface perpendicular to the direction of the grating grooves formed on the front face or rear face.

50

6. The optical filter according to claim 1, wherein as the mechanism for changing

rotational angle, one end of the diffraction grating is fixed and a holding portion for holding the diffraction grating is arranged to a surface perpendicular to the grating grooves at the other end of the diffraction grating.

- 5 7. The optical filter according to claim 1, wherein as the mechanism for changing rotational angle, at least two or more holders for holding the diffraction grating having different coefficient of linear expansion are arranged on a surface perpendicular to the direction of the grating grooves formed on the front face or rear face of the diffraction grating.
- 10 8. The optical filter according to claim 3, wherein as the mechanism for moving the light input/output portion, two or more holding portions for holding the light input/output portion made of the same material are arranged with opposing with each other on a surface perpendicular to the grating grooves of the
- 15 diffraction grating.
9. The optical filter according to claim 3, wherein as the mechanism for changing rotational angle, an end of the light input/output portion apart from the light input/output end is fixed and a holding portion for holding the light input/output
- 20 portion is arranged on a surface perpendicular to the grating grooves of the diffraction grating on the light input/output end of the light input/output portion.
10. The optical filter according to claim 3, wherein as the mechanism for moving
- 25 the light input/output portion, two holding portions for holding the light input/output portion having different coefficient of linear expansion are arranged on a surface perpendicular to the direction of the grating grooves of the diffraction grating.
- 30 11. A diffractive optical element used for an optical filter being constructed by a grating layer having periodical protuberances and concavities formed on a substrate having a coefficient of linear expansion of $3.0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ or less.
- 35 12. The diffractive optical element used for an optical filter according to claim 11, wherein the thickness of the grating layer relative to that of the substrate is 1/500 of or less.
13. The diffractive optical element used for an optical filter according to
- 40 claim 11, wherein a reflection film is formed on the grating layer having protuberances and concavities.
15. The diffractive optical element used for an optical filter according to
- 45 claim 11, wherein the shape of protuberances and concavities formed on the grating layer is a Fourier shape.
16. An optical filter composed of a diffraction grating, a lens, an input
- 50 fiberglass, and a detection fiberglass, operating such that a light from the input fiberglass is dispersed wavelength by the diffraction grating through the lens, and a light having given wavelength range connects to the detection fiberglass through the lens, wherein the diffractive optical element used for an optical filter according to claim 11 is used as the diffraction grating.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[FIELD OF THE INVENTION]

5 The present invention relates to an optical filter used for a receiving end of a wavelength division multiplexing system or a light amplifier circuit, and to a diffractive optical element used for an optical filter.

[0002]

[DESCRIPTION OF RELATED ART]

10 Recently, in a wavelength division multiplexing system, various types of an optical filter have been proposed and discussed as a light selector for selecting a given light from wavelength division multiplexed light and a noise remover in a line composed of a light amplifier. In particular, an optical filter using a diffraction grating makes it possible to provide a wavelength selection with broadband and good sideband blocking property.

15 [0003]

For this purpose, an optical filter is used as a passive module equipped in a unit together with other optical devices and electric devices, so that the properties of the devices may be effected by changing in temperature distribution in the unit.

20 [0004]

Fig. 11 is a schematic drawing showing a construction of a conventional optical filter. In Fig. 11, reference number 11 denotes an input/output fiberglass. It may be a single fiberglass acting as an input fiberglass and an output fiberglass. Alternatively, an input fiberglass and an output fiberglass may be arranged 25 in a direction perpendicular to the drawing. In this case also, the two fiberglasses are superposed in the drawing, so that the same drawing can be applied. Accordingly, in this embodiment, the input/output fiberglass 11 is explained as the former case. In figures shown below, the same handling is applied.

30 [0005]

A light from the input/output fiberglass 11 becomes parallel by a lens 21, is incident to a diffraction grating 31, and is dispersed wavelength. Among the dispersed light, a light having a given wavelength range is connected to the input/output fiberglass 11 again through the lens 21 to be selected wavelength. 35 The wavelength λ_0 selected by the construction shown in Fig. 1 [sic] satisfies the following expression (1):

[0006]

$$2\Lambda \cdot \sin \theta_L = n \cdot \lambda_0 \quad (n: \text{integer}) \quad (1)$$

40 where Λ denotes a groove pitch of the diffraction grating 31 and θ_L denotes an incident angle to the diffraction grating 31.

[0007]

In this construction, an optical filter that has a mechanism for correcting temperature drift of the emitting wavelength of the light source has been proposed and it has a mechanism for mechanically correcting the amount of drift of the 45 emitting wavelength toward longer wavelength caused by increasing temperature (for example, Japanese Laid-Open Patent Application No. 58-9119).

[0008]

In this case, in order to correct drift amount $\Delta\lambda$ of the emitting wavelength to the longer wavelength side upon increasing temperature, rotation angle is 50 increased by the amount of $\Delta\theta$ to satisfy the following expression (2):

[0009]

$$2\Lambda \cdot \sin(\theta_L + \Delta\theta) = n \cdot (\lambda_0 + \Delta\lambda) \quad (2)$$

[0010]

Accordingly, the incident angle from the input/output fiberglass to the diffraction grating 31 increases.

[0011]

5 [PROBLEM TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

In the conventional example, when the construction shown in Fig. 11 is fixed to be a module and when the ambient temperature increases, the diffraction grating expands thermally resulting in changing the groove pitch. The change in the groove pitch $\delta\lambda$ in response to change in temperature δT can be expressed by the following expression (3) by using coefficient of equivalent thermal expansion σ_e :

[0012]

$$\delta\lambda = \sigma_e \cdot \lambda \cdot \delta T \quad (3).$$

[0013]

15 The selected central wavelength of the optical filter is shifted to the longer wavelength side by the wavelength shift $\delta\lambda$. Where the wavelength shift $\delta\lambda$ is expressed by the following expression (4):

[0014]

$$\delta\lambda = 2 \cdot \delta\lambda \cdot \sin\theta_L / n \quad (4)$$

20 [0015]

Fig. 12 is a schematic showing the wavelength shift. The selected central wavelength of the filter characteristic curve 201 upon forming the module is shifted toward longer wavelength side by the amount of $\delta\lambda$ to be the characteristic curve 202 by increasing temperature. As a result, intensity transmission of the wavelength λ_0 decreases by the amount of δI . The similar phenomenon happens when the temperature decreases. For example, in the case a diffraction grating made of a glass is used, thermal expansion coefficient is about 9×10^{-6} , the diffraction grating is assumed to be 1.3 μm band and the groove pitch of 1.3 μm , and when the ambient temperature is changed by 30°C, the wavelength drift is about 0.35nm, so that a narrow band filter having the band width of 1nm or less causes excessive amount of losses.

[0016]

Moreover, in the conventional optical filter for correcting the emitting wavelength drift of the transmission light source, the ambient temperature drift of the optical filter does not correspond to that of the transmission side, so that the above-described effect of the temperature characteristic of the filter itself is added.

[0017]

Owing to the recent progress in technologies, stability of the emitting wavelength of the light source increases by controlling temperature of the light emitting device such that the emitting wavelength drift can be suppressed within 0.1nm, so that fluctuations in transmitted wavelength become needless to be considered.

[0018]

45 In addition, a diffractive optical element used for the optical filter is constructed by a grating layer made of a high polymer resin having protuberances and concavities formed on a substrate, so that change in the groove pitch of the grating layer caused by change in temperature is caused by the large coefficient of linear thermal expansion (order of 10^{-5} to 10^{-4}) of the high polymer resin. Accordingly, it causes a large drift of the selected central wavelength.

50 [0019]

The present invention is made in view of the aforementioned problems and

has an object to provide an optical filter and a diffractive optical element having a mechanism for canceling out or greatly suppressing the shift of the selected central wavelength in response to change in the ambient temperature caused by the construction of the filter.

5 [0020]

[THE WAY TO SOLVE THE PROBLEMS]

In order to solve the above-mentioned problems, an optical filter according to the present invention is constructed such that, in a construction of an optical filter having a diffraction grating, a mechanism that changes a rotation angle in response to change in temperature is arranged to the diffraction grating. Otherwise, the optical filter constructed such that a mechanism that changes an incident angle to the diffraction grating is arranged to a light input/output portion constructed by a lens and an input/output fiberglass.

[0021]

15 When the temperature increases, the above-described mechanism rotates or moves the diffraction grating in a direction where the incident angle to the diffraction grating becomes small.

[0022]

20 As a diffractive optical element using for the optical filter, a diffraction grating formed on a substrate having a small thermal expansion coefficient is applied.

[0023]

[EFFECT]

25 In the above-described construction according to the present invention, the shift amount of the selected central wavelength to the longer wavelength side upon increasing temperature is canceled out by decreasing the incident angle to the diffraction grating by the amount of $\delta\theta$. Accordingly, the selected central wavelength becomes constant by satisfying the expression (5):

[0024]

$$30 \quad 2 \cdot (\lambda + \delta\lambda) \cdot \sin(\theta_L - \delta\theta) = n \cdot \lambda_0 \quad (5)$$

[0025]

Since thermal expansion coefficient of the diffractive optical element is small as shown in the expression (2), $\delta\lambda$ becomes small. As a result, when the diffractive optical element is used for an optical filter, the shift amount $\delta\lambda$ of the selected central wavelength becomes small.

35 [0026]

Accordingly, the angular correction direction of the setting inclination of the diffraction grating according to the present invention is completely opposite direction relative to that according to a conventional example.

40 [0027]

[PREFERRED EMBODIMENTS]

An optical filter according to each embodiment of the present invention is explained below with reference to accompanying drawings.

[0028]

45 Fig. 1 is a schematic drawing showing a fundamental construction of an optical filter according to a first embodiment of the present invention. In Fig. 1, reference number 1 denotes an input/output fiberglass, 2 denotes a lens, 3 denotes a diffraction grating, and 4 denotes a thermal correction mechanism.

50 [0029]

Although the behavior of a light coming out from the input/output fiberglass 1 is the same as shown in Fig. 12, the thermal correction mechanism 4 attached

to the diffraction grating 3 rotates the diffraction grating 3 in the direction shown in the arrow upon increasing the ambient temperature. The rotation angle by the thermal correction mechanism 4 in response to the temperature increase δT is changed by the amount of $\delta\theta$ satisfied by the expression (5). Accordingly, the incident angle from the input/output fiberglass 1 to the diffraction grating 3 through the lens 2 is made to become small. The selected central wavelength dispersed and input again to the input/output fiberglass 1 through the lens 2 is λ_0 regardless of increasing temperature. When the ambient temperature decreases, the thermal correction mechanism 4 rotates the diffraction grating 3 in the direction opposite to the arrow shown in Fig. 1 so that the incident angle from the input/output fiberglass 1 to the diffraction grating 3 becomes large.

[0030]

Accordingly, by arranging the thermal correction mechanism to the diffraction grating side, wavelength shift of the selected central wavelength caused by change in temperature can be canceled out, so that a stable module can be constructed.

[0031]

Fig. 2 is a schematic drawing showing a fundamental construction of an optical filter according to a second embodiment of the present invention. The different point from the Fig. 1 is that a thermal correction mechanism 6 is attached to a light input/output portion 5 composed of an input/output fiberglass 1 and a lens 2.

[0032]

Although the behavior of the light coming out from the input/output fiberglass 1 is similar to that of Fig. 1, the thermal correction mechanism 6 attached to the light input/output portion 51 [sic] shows a movement causing a rotation in the direction of the arrow upon increasing temperature. The incident angle from the light input/output portion 6 [sic] to the diffraction grating 3 varies by the movement by the amount of $\delta\theta$ satisfied by the expression (5) upon increasing temperature δT . Accordingly, the incident angle becomes small, so that the selected central wavelength is λ_0 regardless of increasing temperature. When the ambient temperature decreases, the thermal correction mechanism 6 rotates the diffraction grating 3 in the direction opposite to the arrow shown in Fig. 2 so that the incident angle from the light input/output portion 5 to the diffraction grating 3 becomes large.

[0033]

Accordingly, by arranging the thermal correction mechanism to the light input/output portion side, wavelength shift of the selected central wavelength caused by change in temperature can be canceled out, so that a stable module can be constructed.

[0034]

Fig. 3 is a schematic drawing showing a specific construction of a thermal correction mechanism 4 of the optical filter according to the first embodiment of the present invention. In Fig. 3, reference numbers 81 and 82 denote fixing portions, 71 and 72 denote holding portions, 9 denotes a base, and the other parts are the same as Fig. 1. The holding portions 71 and 72 are made of the same material and its coefficient of linear expansion is σ . By the way, since the thermal expansion of the base 9 affects only in the direction of optical axis, the selected central wavelength is not affected.

[0035]

Each one end of the holding portions 71 and 72 is fixed to the base 9 by

each of the fixing portions 81 and 82. The other ends hold the diffraction grating 3 from the rear side apart from a distance X on the rear side of the diffraction grating 3 with each other. The length in the longer direction of the holding portion 71 from the fixing portion 81 to the diffraction grating 3 is longer than that of the holding portion 72 from the fixing portion 82 to the diffraction grating 3. Assuming the difference is to be δL , when the ambient temperature increases by δT , the diffraction grating 3 rotates clockwise by the amount $\delta\phi$ satisfying the following expression (6):

[0036]

$$\delta\phi = \sigma \cdot \delta L \cdot \delta T / X \quad (6)$$

[0037]

When the value $\delta\phi$ is made to be equal to the value $\delta\theta$ of the expression (5), the wavelength shift of the selected central wavelength in response to temperature increase can be canceled out.

15 [0038]

For example, a diffraction grating with a glass substrate having a groove pitch of $1.3\mu\text{m}$ using in $1.3\mu\text{m}$ range is considered, and when aluminum is used for the holding portion, the wavelength shift can be canceled out by making X of 5mm, and the difference of the length δL of 1.1mm.

20 [0039]

In the present embodiment, although two holding portions are arranged, other construction shown in Fig. 4 may be possible. In Fig. 4, only one holding portion 71 is used, the position held by the holding portion 72 in Fig. 1 [sic] is fixed to the base 9 by the fixing portion 83, and the diffraction grating 3 can be relatively rotated clockwise by the holding portion 71. In this case, the same effect can be obtained by making the length of the holding portion to be δL , and the holding portion itself can be compact.

[0040]

In Fig. 3, although the same material is used for the holding portions, different materials may be used as shown in Fig. 5. In Fig. 5, by arranging a holding portion 73 (coefficient of linear expansion : σ_1 , length: L_1) fixed to the base 9 by the fixing portion 84 and a holding portion 74 (coefficient of linear expansion : σ_2 , length: L_2) fixed to the base 9 by the fixing portion 85, the expression (6) can be expressed by the following expression (7) and degree of freedom for designing thermal correction increases:

35 [0041]

$$\delta\phi = (\sigma_1 \cdot L_1 - \sigma_2 \cdot L_2) \cdot \delta T / X \quad (7)$$

[0042]

Fig. 6 is a schematic drawing showing a specific construction of a thermal correction mechanism 6 of the optical filter according to the second embodiment of the present invention. In Fig. 6, reference number 22 denotes a lens, 51 denotes a light input/output portion, 86 and 87 denote fixing portions, 75 and 76 denote holding portions, 9 denotes a base, and the other parts are the same as Fig. 2. Materials of the holding portions 75 and 76 are the same and have a coefficient of linear expansion of σ . Each one end of the holding portions 75 and 76 is fixed to the base 9 by each of the fixing portions 86 and 87. The other end of the holding portion 75 holds the upper side of the light input/output portion 51 shown in the figure, and the other end of the holding portion 76 holds the light input/output portion 51 opposite to the holding portion 75 separating by the amount of X. The longer side lengths of the holding portions 75 and 76 from the fixing portions 86 and 87 are assumed to be L_1 and L_2 , respectively. When the ambient temperature increases by δT , the light

input/output portion 51 relatively rotates clockwise by the amount of $\delta\phi$ satisfying the following expression (8):

[0043]

$$\delta\phi = \sigma \cdot (L1+L2) \cdot \delta T / X \quad (8)$$

5 [0044]

When the value $\delta\phi$ is made to be equal to the value $\delta\theta$ of the expression (5), the wavelength shift of the selected central wavelength in response to temperature increase can be canceled out.

[0045]

10 For example, a diffraction grating with a glass substrate having a groove pitch of $1.3\mu\text{m}$ using in $1.3\mu\text{m}$ range is considered, and when aluminum is used for the holding portion, the wavelength shift can be canceled out by making X of 10mm, and the addition of the length of the holding portions of 2.2mm.

[0046]

15 In the present embodiment, although two holding portions are arranged, other construction shown in Fig. 7 may be possible. In Fig. 7, only one holding portion 75 is used, the position held by the holding portion 76 in Fig. 6 is fixed to the base 9 by the fixing portion 88, and the light input/output portion 6 can be relatively rotated clockwise by the holding portion 75. In this case,
20 the same effect can be obtained by considering the length of the holding portion to be L1 only, and the holding portion itself can be compact.

[0047]

In Fig. 6, although the same material is used for the holding portions, different materials may be use as shown in Fig. 8, In Fig. 8, by arranging
25 a holding portion 75 (coefficient of linear expansion : σ_1 , length: L1) fixed to the base 9 by the fixing portion 86 and a holding portion 77 (coefficient of linear expansion : σ_2 , length: L2) fixed to the base 9 by the fixing portion 89 to the same side of the light input/output portion 6, the diffraction grating can be relatively rotated clockwise by the amount of $\delta\phi$ shown by the expression
30 (7) and degree of freedom for designing thermal correction increases:

[0048]

Then, an example of a diffractive optical element using for an optical filter is explained with a schematic drawing shown in Fig. 9. A diffractive optical element 104 is constructed by a grating layer 102 having protuberances and concavities formed on a substrate 101 and a reflection film 103 applied
35 on the protuberances and concavities. The grating layer 102 is sufficiently thinner than the substrate 101 ($1/500$ or less) and closely contacts the substrate 101. The material of the substrate 101 has a small coefficient of linear expansion.

[0049]

40 In this construction, since the thickness of the grating layer 102 is thin, variation in the groove pitch upon changing ambient temperature can be suppressed about the variation caused by coefficient of linear expansion of the substrate 101. For example, a heat resistant glass (coefficient of linear expansion: 2.8×10^{-6}) with the thickness about 2mm is used as a substrate, and a photoresist
45 layer with protuberances and concavities formed by an exposure having a thickness about $2\mu\text{m}$ is used as a grating layer, and a metal film having a thickness of $0.2\mu\text{m}$ or less is used as a reflection film. In this construction, a coefficient of equivalent linear expansion of the diffractive optical element itself becomes nearly equal to the coefficient of linear expansion of the substrate.

50 [0050]

Fig. 10 is a schematic drawing showing an example of an optical filter using the above-described diffractive optical element 104. In this case,

variation in the selected central wavelength upon varying temperature is such that assuming a diffraction grating having the wavelength of $1.3\mu\text{m}$ range, groove pitch of $1.3\mu\text{m}$, when variation in temperature is 30 degrees, variation in the selected central wavelength is about 0.1nm or less, so that a narrow band filter having the band width of 1nm or less can effectively be constructed without thermal correction.

[0051]

In the above-described embodiment, although a diffraction grating is simply used, by using a Fourier-type diffraction grating, a low-loss module having low polarization dependence can be constructed.

[0052]

[EFFECT OF THE INVENTION]

As described above, the present invention makes it possible to provide a stable passive module by suppressing or canceling out thermal characteristic, in other words, variation in the selected central wavelength relative to variation in the ambient temperature regarding a diffraction-grating type optical filter.

[BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS]

Fig. 1 is a schematic drawing showing a fundamental construction of an optical filter according to a first embodiment of the present invention.

Fig. 2 is a schematic drawing showing a fundamental construction of an optical filter according to a second embodiment of the present invention.

Fig. 3 is a schematic drawing showing a first construction of a thermal correction mechanism of the optical filter according to the first embodiment of the present invention.

Fig. 4 is a schematic drawing showing a second construction of a thermal correction mechanism of the optical filter according to the first embodiment of the present invention.

Fig. 5 is a schematic drawing showing a third construction of a thermal correction mechanism of the optical filter according to the first embodiment of the present invention.

Fig. 6 is a schematic drawing showing a first construction of a thermal correction mechanism of the optical filter according to the second embodiment of the present invention.

Fig. 7 is a schematic drawing showing a second construction of a thermal correction mechanism of the optical filter according to the second embodiment of the present invention.

Fig. 8 is a schematic drawing showing a third construction of a thermal correction mechanism of the optical filter according to the second embodiment of the present invention.

Fig. 9 is a schematic drawing showing a diffractive optical element using for an optical filter according to an example of the present invention.

Fig. 10 is a schematic drawing showing an example of an optical filter using the diffractive optical element shown in Fig. 9.

Fig. 11 is a schematic drawing showing a construction of a conventional optical filter.

Fig. 12 is a schematic drawing showing the wavelength shift of the selected central wavelength of a conventional optical filter upon changing temperature.

[EXPLANATION OF REFERENCE SYMBOLS]

1: input/output fiberglass

2: detection fiberglass [sic]

3: diffraction grating

4, 6: thermal correction mechanism

- 5, 51: light input/output portion
71 through 77: holding portion
81 through 89: fixing portion
9: base
- 5 101: substrate
 102: grating layer
 103: reflection film
 104: diffractive optical element
- 10 <Fig. 12>
 透過強度: intensity transmission
 波長: wavelength
- 15
- 20 3.
 4.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-331850

(43)公開日 平成6年(1994)12月2日

| (51)IntCl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|-------------------------|------|--------------------|-----|--------|
| G 0 2 B 6/28 5/18 | D | 8707-2K 9018-2K | | |

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-122514

(22)出願日 平成5年(1993)5月25日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 飯田 正憲

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小綴治 明 (外2名)

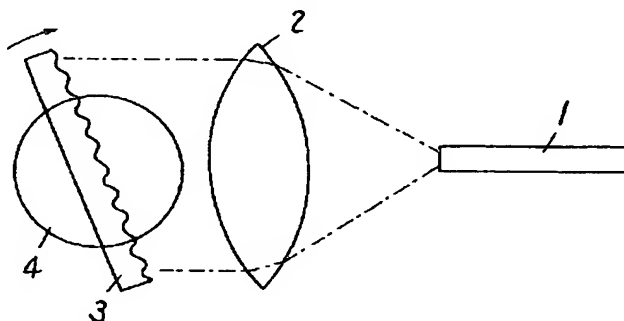
(54)【発明の名称】 光フィルタおよび光フィルタに用いる回折素子

(57)【要約】

【目的】 回折格子を用いたフィルタにおいて、周囲温度変動によるフィルタ自体の選択中心波長シフトを抑制する。

【構成】 周囲の温度の上昇によって回折格子3に配置されている温度補償機構部4により回折格子3を矢印の方向に回転する様な動作をする。 δT の温度上昇により温度補償機構部4での回転角は、温度上昇により生じる選択中心波長の長波長側へのシフトを相殺するように $\delta \theta$ だけ変化し、入出力ファイバ1からレンズ2を介して回折格子3に入射する角度を小さくして、波長分散されて再びレンズ2を介して入出力ファイバ1に結合する光の選択中心波長は温度上昇によらず λ_0 となる。

1 入出力ファイバ
2 レンズ
3 回折格子
4 温度補償機構



【特許請求の範囲】

【請求項1】回折格子とレンズと1本の入力ファイバと1本の受光ファイバで構成され、前記1本の入力ファイバからの光が前記レンズを介して前記回折格子で波長分散を受け、再び前記レンズを介して前記1本の受光ファイバに所望の波長域の光が結合するような系において、前記回折格子に温度変動により回転角度が変化する機構部を配置し、前記機構部は温度が上昇した場合に前記回折格子を光の入射する角度が小さくする方向に相対的に回転することを特徴とする光フィルタ。

【請求項2】回折格子にフーリエ回折格子を用いることを特徴とする請求項1記載の光フィルタ。

【請求項3】回折格子と、レンズと1本の入力ファイバと1本の受光ファイバで構成される光入出力部とで成り、前記1本の入力ファイバからの光が前記レンズを介して前記回折格子に所定の入射角で入射し、前記回折格子で波長分散を受け、再び前記レンズを介して前記1本の受光ファイバに所望の波長域の光が結合するような系において、前記光入出力部に温度変動により前記回折格子への入射角を変化する機構を配置し、前記機構部は温度が上昇した場合に前記回折格子に光の入射する角度が小さくなる方向に光入出力部を移動させることを特徴とする光フィルタ。

【請求項4】回折格子にフーリエ回折格子を用いることを特徴とする請求項3記載の光フィルタ。

【請求項5】請求項1記載の回転角度を変化させる機構として、回折格子の裏面ないしは表面の格子溝方向に垂直な面上に、前記回折格子を支持する少なくとも2つ以上の素材が同じで長さが異なる支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項6】請求項1記載の回転角度を変化させる機構として、回折格子の一端を固定し、他端の前記回折格子の格子溝方向に垂直な面上に、前記回折格子を支持する支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項7】請求項1記載の回転角度を変化させる機構として、回折格子の裏面ないしは表面の格子溝方向に垂直な面上に、前記回折格子を支持する線膨張係数が異なる少なくとも2つ以上の支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項8】請求項3記載の光入出力部を移動させる機構として、回折格子の格子溝方向に垂直な面上に光入出力部を支持する2つ以上の素材の等しい支持部分を離して対向させることを特徴とする光フィルタ。

【請求項9】請求項3記載の回転角度を変化させる機構として、光入出力部の光入出力端から離れた一端を固定し、前記光入出力部の前記光入出力端側の回折格子の格子溝方向に垂直な面上に、前記光入出力部を支持する支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項10】請求項3記載の光入出力部を移動させる機構として、回折格子の格子溝方向に垂直な面上に光入

出力部を支持する線膨張係数が異なる2つの支持部分を設けることを特徴とする光フィルタ。

【請求項11】線膨張係数が $3.0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 以下の基板の上に周期的な凹凸形状を有する格子層を設けたことを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項12】請求項11記載の格子層の厚さが基板の厚さの $1/500$ 以下であることを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項13】請求項11記載の格子層の凹凸面形状を有した面に反射膜を設けることを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項14】請求項11記載の格子層は感光性樹脂層であることを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項15】請求項11記載の格子層に刻印された凹凸形状がフーリエ形状であることを特徴とする光フィルタに用いる回折素子。

【請求項16】回折格子とレンズと1本の入力ファイバと1本の受光ファイバで構成され、前記1本の入力ファイバからの光が前記レンズを介して前記回折格子で波長分散を受け、再び前記レンズを介して前記1本の受光ファイバに所望の波長域の光が結合するような系において、前記回折格子に請求項11記載の光フィルタに用いる回折素子を用いることを特徴とする光フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は波長多重光通信システムを受信端や光増幅回路などに用いる光フィルタ及び光フィルタに用いる回折素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、光フィルタは波長多重光通信システムにおいて多重された光の中から所望の光を選択するデバイスとして、また光増幅器で構成される伝送路での雑音除去デバイスとして、様々な形態が提案され検討されている。特に回折格子を用いた光フィルタは広帯域で、かつ側波帯阻止特性のよい波長選択が可能である。

【0003】このような用途の場合には光フィルタは受動モジュールとして他の光デバイス及び電気デバイスとともにユニット内に実装されて使用されることとなり、ユニット内の温度分布変化によりデバイスの特性に影響を与える可能性がある。

【0004】図11に従来の光フィルタの構成図を示す。図11において11は入出力ファイバであり、図のように1本で入出力を兼ね備えても良いし、紙面に対して垂直な方向に入力ファイバと出力ファイバを各々配置してもよい。その場合でも図面上では2本のファイバが重なることになり、表現上同等となるので本実施例では前者の入出力ファイバ11として説明する。以後の図面においても同様な扱いとする。

【0005】入出力ファイバ11からの光はレンズ21を介して平行光となり回折格子31へ入射し、波長分散

を受ける。波長分散光のうち所望の波長域の光が再びレンズ21を介して入出力ファイバ11へ結合し波長選択される。図1の構成で選択される波長 λ_0 は、回折格子31の格子間隔を Λ 、回折格子31への入射角を θ_L と

$$2 \Lambda \cdot \sin \theta_L = n \cdot \lambda_0 \quad (n \text{ は整数})$$

【0007】をみたしている。この構成で送信されてきた光源の発振波長の温度ドリフトを補償する機構を有した光フィルタが提案されており、温度上昇により発振波長が長波長側へドリフトする量を機械的に補償する機構を備えているものが提案されている（例えば特開昭58

$$2 \Lambda \cdot \sin (\theta_L + \Delta \theta) = n \cdot (\lambda_0 + \Delta \lambda)$$

【0010】を満たすように角度 $\Delta \theta$ だけ回転し、入出力ファイバ11から回折格子31への入射角を大きくするように働くものである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来例では、図11の構成で固定してモジュール化した際、周囲雰囲気温度が上昇すると回折格子が熱膨張を起こし、格子間隔が変化する。温度変動 δT による格子間隔の変化量 $\delta \Lambda$ は回折格子の等価熱膨張係数 σ_e を用いて、

【0012】

【数3】

$$\delta \Lambda = \sigma_e \cdot \Lambda \cdot \delta T$$

【0013】と表せ、光フィルタの選択中心波長 λ_0 は波長変動を $\delta \lambda$ として、

【0014】

【数4】

$$\delta \lambda = 2 \cdot \delta \Lambda \cdot \sin \theta_L / n$$

【0015】と表されるようにフィルタ自体の選択中心波長が長波長側へシフトしてしまう問題点を有している。図12に波長シフトの概念図を示す。モジュール構築時のフィルタ特性曲線を201とすれば温度上昇によって選択中心波長は長波長側へ $\delta \lambda$ だけシフトして特性曲線202となり、その結果波長 λ_0 の透過強度は図で δI 減少してしまう。これは温度が下降した場合でも同様の現象となる。例えばガラス基板製の回折格子を用いた場合、熱膨張係数は 9×10^{-6} 程度であることから $1.3 \mu\text{m}$ 帯で、格子間隔 $1.3 \mu\text{m}$ の回折格子を想定すると、30度温度変化すると約0.35nm変化してしまい、通過帯域1nm以内の狭帯域フィルタにおいては過剰損失の増大を招くこととなる。

【0016】さらに送信光源の発振波長ドリフトを補償する従来例の光フィルタは、その周囲の温度変動が必ずしも送信側の温度変動と一致していないために、上述したフィルタ自体の持つ温度特性の影響が加算されてしまうことになる。

$$2 \cdot (\Lambda + \delta \Lambda) \cdot \sin (\theta_L - \delta \theta) = n \cdot \lambda_0$$

【0025】を満たし選択中心波長が一定となる。回折素子は熱膨張係数が小さいため（数2）の $\delta \Lambda$ が小さくなりその結果、この回折素子を光フィルタに用いた場

すれば、

【0006】

【数1】

—9119号公報）。

【0008】この場合は発振波長が温度上昇と共に長波長側へシフトしていく分 $\Delta \lambda$ を補償するため、

【0009】

【数2】

$$2 \Lambda \cdot \sin (\theta_L + \Delta \theta) = n \cdot (\lambda_0 + \Delta \lambda)$$

【0017】また最近の技術進歩により光源の発振波長安定度は発光素子自体を温度制御して発振波長ドリフトを0.1nm以内とすることができるよう送信される波長のゆらぎを考慮する必要性が少なくなっている。

【0018】加えて、光フィルタに用いる回折素子は基板上に凹凸形状を有した高分子樹脂の格子層で構成されており、格子層の温度変動による格子間隔の変動が高分子樹脂層の持つ大きい線膨張係数（ $10^{-5} \sim 10^{-4}$ のオーダー）により、光フィルタを構成した場合に選択中心波長シフトを大きくさせる要因となっていた。

【0019】本発明は上記問題点に鑑み、フィルタ構成に起因する周囲温度変化に対する選択中心波長のシフトを相殺あるいは非常に低減する機構及び構成を有する光フィルタ並びに回折素子を提供するものである。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために本発明の光フィルタは、回折格子を用いた光学的なフィルタ構成において回折格子に温度変動により回転角度が変化する機構部を配置する。あるいはレンズ及び入出力ファイバで構成される光入出力部が温度変動により回折格子への入射角を変化する機構を有するようにする。

【0021】そして温度が上昇した場合に上述した機構が回折格子に光が入射する角度が小さくなる方向に回転または移動するような構成とする。

【0022】また、光フィルタに用いる回折素子として熱膨張係数の小さい基板上に回折格子を形成したものを適用する。

【0023】

【作用】本発明は上記した構成によって、温度上昇での選択中心波長の長波長側へのシフト分を回折格子の入射角を $\delta \theta$ だけ小さくするようにして、

【0024】

【数5】

合、選択中心波長シフト量 $\delta \lambda$ 自体が小さくなる。

【0026】これは従来例での回折格子の設定傾き角度の補正の方向とはまったく逆の方向での温度補償とな

る。

【0027】

【実施例】以下本発明の実施例の光フィルタについて、図面を参照しながら説明する。

【0028】図1は本発明の第1の実施例における光フィルタの基本構成図を示すものである。図1において1は入出力ファイバ、2はレンズ、3は回折格子、4は温度補償機構部である。

【0029】入出力ファイバ1からの光の振舞いは図12と同様であるが、周囲の温度の上昇によって回折格子3に配置されている温度補償機構部4により回折格子3を矢印の方向に回転する様な動作をする。 δT の温度上昇により温度補償機構部4での回転角は(数5)をみたす $\delta \theta$ だけ変化し、入出力ファイバ1からレンズ2を介して回折格子3に入射する角度を小さくして、波長分散されて再びレンズ2を介して入出力ファイバ1に結合する光の選択中心波長は温度上昇によらず λ_0 となる。周囲の温度が降下した場合には温度補償機構部4により入出力ファイバ1から回折格子3への入射角が大きくなるように、即ち回折格子3を図1の矢印とは逆の方向に回転するように作用することとなる。

【0030】従って、温度補償機構を回折格子側に設けることにより、温度変動により生じる選択中心波長のシフトを相殺し安定なモジュールとすることができる。

【0031】図2は本発明の第2の実施例の光フィルタの基本構成図を示したものである。図1の実施例と異なる点は温度補償機構部6が入出力ファイバ1及びレンズ2で構成される光入出力部5に配置されていることである。

【0032】入出力ファイバ1からの光の振舞いは図1と同様であるが、周囲の温度の上昇によって光入出力部5に配置されている温度補償機構部6により光入出力部5を矢印の方向に回転する様な移動動作をする。移動動作により光入出力部6から回折格子3への光の入射角は δT の温度上昇により(数5)をみたす $\delta \theta$ だけ変化し、入射する角度を小さくして選択中心波長は温度上昇によらず λ_0 となる。周囲の温度が降下した場合には温度補償機構部6により入出力部5から回折格子3への入射角が大きくなるように、即ち回折格子3を図2の矢印とは逆の方向に回転するように作用することとなる。

【0033】従って、温度補償機構を光入出力部側に設けることにより、温度変動により生じる選択中心波長の

$$\delta \phi = (\sigma_1 \cdot L_1 - \sigma_2 \cdot L_2) \cdot \delta T / X$$

【0042】と表され、温度補償の設計の自由度が増すこととなる。次に図6は第2の実施例の光フィルタの温度補償機構部6の具体的な一構成例を示したものである。図6で22はレンズ、51は光入出力部、86、87は固定部、75、76は支持部、9は基台であり、その他の構成部品は図2と同様である。支持部75、76の材質は同じであり線膨張係数 σ を有している。また支

シフトを相殺し安定なモジュールとすることができる。

【0034】図3は第1の実施例の光フィルタの温度補償機構部4の具体的な一構成例を示したものである。図3で81、82は固定部、71、72は支持部、9は基台であり、その他の構成部品は図1と同様である。支持部71、72の材質は同じであり線膨張係数 σ を有している。なお基台9による熱膨張は光軸方向にのみ作用するために選択中心波長に影響を与えることはない。

【0035】支持部71、72は一端を固定部81、82により基台9に固定されており、他端は回折格子3の裏面より回折格子3を回折格子3の裏面上でXの間隔を隔てて支持している。固定部81および82から回折格子3を支持する長尺方向の長さは支持部71の方が支持部72よりも長くその差を δL とすれば、周囲温度が δT 上昇すると回折格子3は相対的に

【0036】

【数6】

$$\delta \phi = \sigma \cdot \delta L \cdot \delta T / X$$

【0037】をみたす $\delta \phi$ の角度だけ図3で時計回りに回転する。この $\delta \phi$ が(数5)の $\delta \theta$ と等しくすることにより温度変動に対する選択中心波長のシフトを相殺することができる。

【0038】例えばガラス基板製の回折格子を用い、 $1.3 \mu m$ 帯で、格子間隔 $1.3 \mu m$ の回折格子を想定すると、支持部にアルミニウムを用いた場合にはXを5mm、長さの差 δL を1.1mm程度とすれば波長シフトを相殺することができる。

【0039】本実施例では2つの支持部を設けたが、図4に示すように支持部71のみとし、回折格子3を図1の支持部72で支持される部位を固定部83により基台9に固定し、支持部71により回折格子3を相対的に時計回りに回転させるようにすることができ、この場合は支持部の長さ自体を δL と考えることによって同様の効果が得られ、かつ支持部自体を小型化できる。

【0040】また図3では支持部に同一素材の支持部を設けたが図5に示すように異なる素材を用いて一端を固定部84で基台9に固定された支持部73(線膨張係数 σ_1 、長さ L_1)及び固定部85で一端を固定された支持部74(線膨張係数 σ_2 、長さ L_2)を配置することによって(数6)は、

【0041】

【数7】

支持部75、76は一端を固定部86、87により基台9に固定されている。支持部75の他端は光入出力部51の図面で上側の側面より支持し、支持部76の他端は光入出力部51の支持部75の支持点と対向し、Xだけ離れた位置で支持している。固定部86および87から光入出力部51を支持する長尺方向の長さをそれぞれ L_1 、 L_2 とすれば、周囲温度が δT 上昇すると光入出力部

6は相対的に
【0043】

【数8】

$$\delta \phi = \sigma \cdot (L1 + L2) \cdot \delta T / X$$

【0044】をみたす $\delta \phi$ の角度だけ図6で時計回りに回転する様な移動が生じる。この $\delta \phi$ が(数5)の $\delta \theta$ と等しくすることにより温度変動に対する選択中心波長のシフトを相殺することができる。

【0045】例えばガラス基板製の回折格子を用い、 $1.3 \mu\text{m}$ 帯で、格子間隔 $1.3 \mu\text{m}$ の回折格子を想定すると、支持部にアルミニウムを用いた場合には X を 10 mm 、2つの支持部の長さの和を 2.2 mm 程度とすれば波長シフトを相殺することができる。

【0046】本実施例では2つの支持部を設けたが、図7に示すように支持部75のみとし、光入出力部6を図6の支持部76で支持される部位を固定部88により基台9に固定し、支持部75により光入出力部6を相対的に時計回りに回転させるようにすることができ、この場合は支持部の長さ自体を $L1$ のみと考えることによって同様の効果が得られ、かつ支持部自体を小型化できる。

【0047】また図6では支持部に同一素材の支持部を設けたが図8に示すように異なる素材を用いて一端を固定部86で基台9に固定された支持部75（線膨張係数 $\sigma 1$ 、長さ $L1$ ）及び固定部89で一端を固定された支持部77（線膨張係数 $\sigma 2$ 、長さ $L2$ ）を光入出力部6の同じ側面上に配置することによって（数7）で表される角度 $\delta \phi$ で相対的に時計回りに回転し、温度補償の設計の自由度が増すこととなる。

【0048】次に光フィルタに用いる回折素子について図9に構成図を示してその一実施例について説明する。回折素子104は基板101に凹凸形状を有する格子層102及び凹凸形状面上に設けた反射膜103で構成されている。格子層102は基板101の厚さに比べ十分に薄膜厚（ $1/500$ 以下）で密着配置されている。基板の材質には線膨張係数の小さいものを用いている。

【0049】このような構成により周囲の温度変動に対する格子間隔の変動が、格子層102の厚さが薄いために基板の線膨張係数に起因する変動に抑えられる。例えば厚さ 2 mm 程度の耐熱ガラス（線膨張係数 2.8×10^{-6} ）を基板とし、格子層として露光して凹凸形状を有した $2 \mu\text{m}$ 程度の膜厚のフォトレジスト層で構成し反射膜は $0.2 \mu\text{m}$ 以内の金属膜とすれば回折素子自体の等価線膨張係数はほぼ基板の線膨張係数と同じとなる。

【0050】図10に上述した回折素子104を用いた光フィルタの一実施例を示す。この場合温度変動に対する中心波長変動は、 $1.3 \mu\text{m}$ 帯で、格子間隔 $1.3 \mu\text{m}$ の回折格子を想定すると、 30 度温度変化すると約 0.1 nm 以内となり、温度補償を行わなくとも通過帯域 1 nm 以内の狭帯域フィルタを構築して十分使用可能なも

のとすることができる。

【0051】なおこれまでの実施例では単に回折格子としたが、フーリエ回折格子を用いることによりモジュールとして低損失で、偏光依存性の小さくすることができる。

【0052】

【発明の効果】以上のように本発明は回折格子型の光フィルタ自体の持つ温度特性、即ち周囲温度の変動に対する選択中心波長の変動を低減あるいは相殺して安定な受動モジュール構成とすることができる

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における光フィルタの基本構成図

【図2】本発明の第2の実施例における光フィルタの基本構成図

【図3】本発明の第1の実施例における光フィルタの温度補償機構の第1の構成例を示す図

【図4】本発明の第1の実施例における光フィルタの温度補償機構の第2の構成例を示す図

【図5】本発明の第1の実施例における光フィルタの温度補償機構の第3の構成例を示す図

【図6】本発明の第2の実施例における光フィルタの温度補償機構の第1の構成例を示す図

【図7】本発明の第2の実施例における光フィルタの温度補償機構の第2の構成例を示す図

【図8】本発明の第2の実施例における光フィルタの温度補償機構の第3の構成例を示す図

【図9】本発明の一実施例における光フィルタに用いる回折素子の構成図

【図10】本発明の一実施例における図9の回折素子を用いた光フィルタの構成図

【図11】従来の光フィルタの基本構成図

【図12】従来の光フィルタの選択中心波長の温度変動を表す概念図

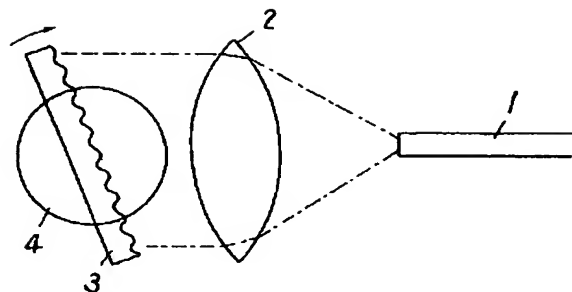
【符号の説明】

- 1 入出力ファイバ
- 2 受光ファイバ
- 3 回折格子
- 4, 6 温度補償機構部
- 5, 51 光入出力部
- 71～77 支持部
- 81～89 固定部
- 9 基台
- 101 基板
- 102 格子層

103 反射膜

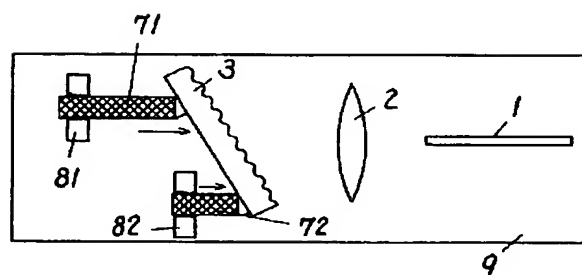
【図1】

- 1 入出力ファイバ
2 レンズ
3 回折格子
4 温度補償機構



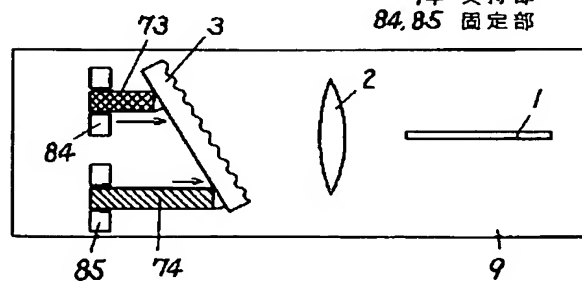
【図3】

- 9 基台
71, 72 支持部
81, 82 固定部



【図5】

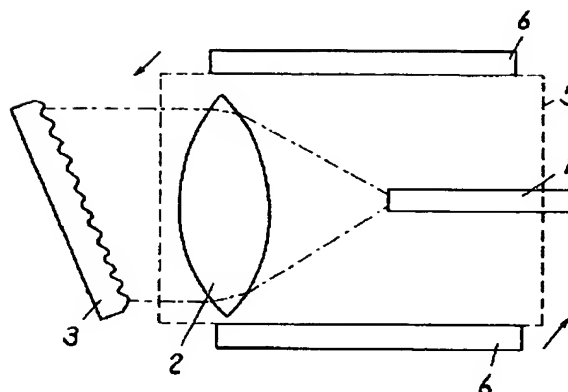
- 74 支持部
84, 85 固定部



104 回折素子

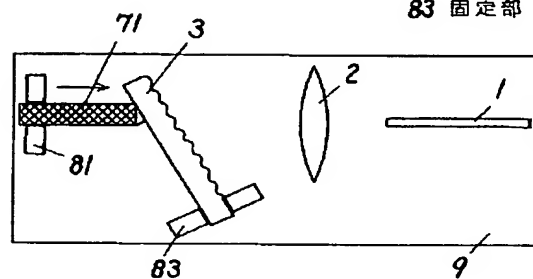
【図2】

- 5 光入出力部
6 温度補償機構



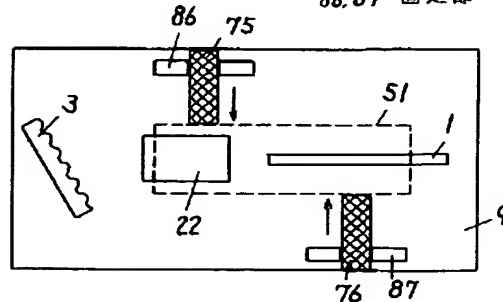
【図4】

- 83 固定部

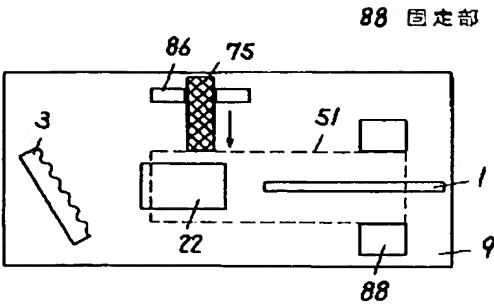


【図6】

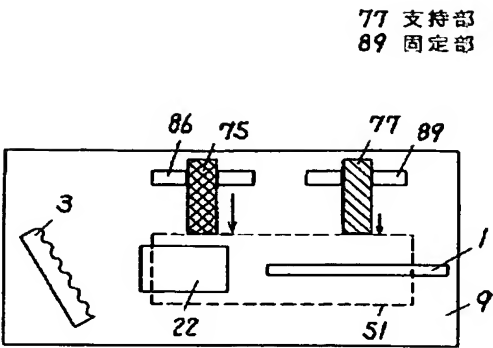
- 21 レンズ
51 光入出力部
75, 76 支持部
86, 87 固定部



【図7】

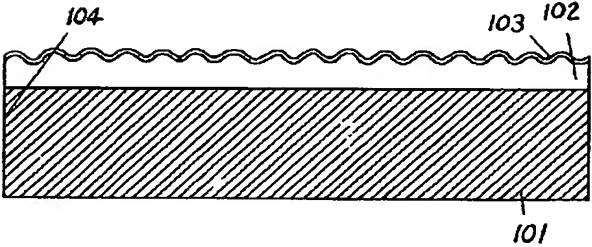


【図8】

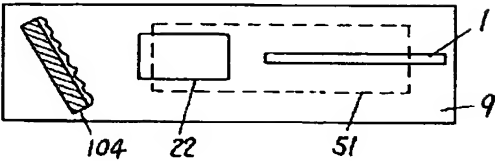


【図9】

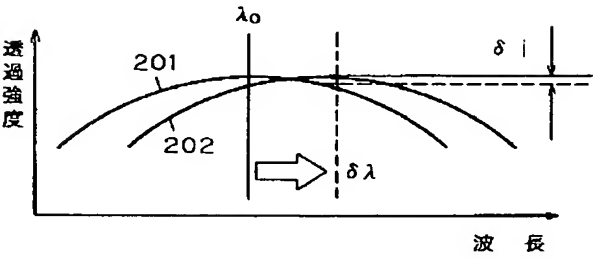
101 基板
102 凹凸形状刻印層
103 反射膜
104 回折素子



【図10】



【図12】



【図11】

